

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2018

Jussi Hamilas

# TURUN HULEVESIEN LAATU JA VESISTÖKUORMITUKSEN VÄHENTÄMISMAHDOLLISUU- DET

– Case Kirstinpuisto

Jussi Hamilas

# TURUN HULEVESIEN LAATU JA VESISTÖKUORMITUKSEN VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET

## – Case Kirstinpuisto

Hulevedet sisältävät usein vesistöille haitallisia aineita kuten PAH-yhdisteitä, ravinteita ja raskasmetalleja. Haitta-aineita päätyy huleveteen esimerkiksi liikenteestä, kaduilta sekä viheralueilta. Usein hulevedet menevät puhdistamattomina vastaanottavaan vesistöön.

Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä hulevesien johtamisesta, tutkittavia haitta-aineita, päästölähteitä sekä puhdistusta. Työn avulla saa käsityksen hulevesien haitta-aineiden raja-arvoista sekä tyypillisimmistä hulevesiin liittyvistä laskutavoista. Työssä selviää, miten hulevesien puhdistustavat eroavat toisistaan ja millaisiin olosuhteisiin ne sopivat. Case-kohteen avulla on tarkoitus antaa arvio hulevesien ravinnemääristä Turun keskusta-alueella ja osoittaa mitkä puhdistustavat ovat keskustaan sopivia.

Työssä esitellään Turun alueella tehtyjen hulevesinäytteenottojen tulokset, joita verrataan Tukholman läänin raja-arvoihin. Työssä perehdytään tarkemmin Kirstinpuiston valuma-alueeseen ja sieltä otettujen näytteiden tuloksiin. Kirstinpuiston valuma-alueelta on laskettu vuosittainen kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforikuorma. Tyyppi- ja fosforipitoisuuksien keskiarvo jäi alle kohtalaisen raja-arvon, joten mitään puhdistusmenetelmää näille ravinteille ei välttämättä tarvita. Hulevesille on ehdotettu hallintamenetelmien avulla parannusehdotuksia. Viivytyskaivantoa on esitetty ensisijaisesti viivyttämään hulevesiä, mutta myös puhdistamaan sitä. Työn lopussa on arvioita yleisimpien puhdistusmenetelmien hinnoista.

### ASIASANAT:

Hulevesi, haitalliset aineet, hulevesien puhdistus, päästölähteet

Jussi Hamilas

# THE QUALITY OF STORM WATERS IN TURKU AREA AND POSSIBILITIES OF REDUCING LOAD ON WATER SYSTEM

## – Case Kirstinpuisto

Storm waters often contain harmful substances such as PAHs, nutrients and heavy metals. Harmful substances enter in storm waters for example from transport, streets and green areas. Often storm waters flow unpurified into the receiving water system.

The purpose of the thesis is to give a reader information about the management of storm waters, how to analyze substances, the sources of emissions and the purifying methods. This thesis gives an idea of the limit values for storm water contaminants and how to conduct the most typical calculations. Thesis describes how the cleaning methods differ and in what kind of conditions they are suited. The case example aims to give an estimate of the amount of nutrients consumed in the center of Turku and to indicate which purification methods are suitable for the center.

The thesis presents the results of the storm water sampling in the Turku area and this is compared with the Stockholm county limit values. The study focuses on the Kirstinpuisto catchment area and the results of the samples taken there. For the Kirstinpuisto area, the annual total nitrogen and total phosphorus load was calculated. The average nitrogen and phosphorus content was below the moderate limit, so no purification method for these nutrients may be necessary. For the Kirstinpuisto storm waters suggestions for improvement were proposed. Excavation is primarily intended to delay the stormwaters but also to clean it. At the end of the work are the estimates of the prices of the most common cleaning methods.

### KEYWORDS:

storm water, harmful substances, storm water purification, emission sources

# SISÄLTÖ

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 HULEVEDET YLEISESTI</b>	<b>9</b>
2.1 Mitä hulevedet ovat?	9
2.2 Hydrologinen kierto	9
2.3 Veden kokonaismäärä	11
2.4 Huleveden suurin virtaama ja virtauksen hidastumiskerroin	12
<b>3 HULEVESIEN JOHTAMINEN</b>	<b>15</b>
3.1 Sekavesiviemärointi	15
3.2 Erillisviemärointi	16
<b>4 HULEVESIEN LAATU JA PÄÄSTÖLÄHTEET</b>	<b>17</b>
4.1 Hulevesien haitta-aineiden päästölähteet	17
4.2 Hulevesistä tutkittavat aineet	18
4.2.1 Ravinteet	18
4.2.2 Raskasmetallit	18
4.2.3 Kiintoaine	19
4.2.4 PAH-yhdisteet	19
4.2.5 Muut haittatekijät	19
4.3 Haitta-ainepitoisuuksien arviointi	20
4.4 Rakennetun alueen vesistökuormituksen arviointi ilman näytteenottoa	21
<b>5 HULEVESIEN PUHDISTUS</b>	<b>23</b>
5.1 Hulevesien puhdistus yleisesti	23
5.1.1 Biosuodatus	23
5.1.2 Kosteikot	23
5.1.3 Lammikko	24
5.1.4 Viherkatot	24
5.1.5 Kemiallinen saostus	24
<b>6 TURKU</b>	<b>26</b>
6.1 Turun keskusta-alueen vesimäärä ja vesistökuormituksen arviointi	26

6.2 Turun alueen hulevesiselvitykset	27
6.2.1 Jaaninoja	28
6.2.2 Kuninkoja	29
6.2.3 Kristiinankatu	30
6.2.4 Vanha Suurtori	31
6.2.5 Satama	33
6.2.6 Ratapihankatu	34

## **7 KIRSTINPUISTON FOSFORI- JA TYPPIKUORMA SEKÄ PUHDISTUSMAHDOLLISUUDET**

7.1 Kirstinpuiston yleiskuvaus, hulevesiverkosto ja valuma-alue	36
7.2 Huleveden kokonaismäärä ja suurin virtaama	37
7.3 Näytetulokset	38
7.4 Näytetulosten analysointi	39
7.5 Puhdistusmahdollisuudet Kirstinpuistoon	40
7.6 Kustannustarkastelu	43
7.7 Päätelmiä Kirstinpuistosta	43

## **8 YHTEENVETO**

## **LÄHTEET**

## **LIITTEET**

Liite 1. 8.12.2016 otettujen näytteiden tulokset  
 Liite 2. 26.1.2017 otettujen näytteiden tulokset  
 Liite 3. 31.8.2017 otettujen näytteiden tulokset

## **KAAVAT**

Kaava 1 Vesitaseyhtälö (Salaojayhdistys 2013, 6.)	11
Kaava 2 Viemärin suurin virtaama (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)	12
Kaava 3 Hidastumiskertoimen laskeminen (Karttunen 2004, 463.)	14

## KUVAT

Kuva 1. Veden kiertokulku. (Salaojayhdistys, 5.)	10
Kuva 2. Lämpöenergian pinnan vaikutus valuntaan. (Ilmastokestävä kaupunki, 4.)	10
Kuva 3. Pinnan laadun vaikutus valumakertoimeen (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)	12
Kuva 4. Mitoitussateen arviointia helpottava kaavio. (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)	13
Kuva 5. Hulevesien erillisviemärointi. (Kuntaliitto 2012, 191.)	16
Kuva 6. Turun alueen hulevesien valuma-alueet. (ILKKA-hanke 2014, 34.)	27
Kuva 7. Kristiinankatu Turku. (Turun karttapalvelu)	30
Kuva 8. Vanha Suurtori Turku. (Turun karttapalvelu)	32
Kuva 9. Sataman valuma-alueen näytteenottopaikat. (Kuva: Jan-Hendrik Körber)	33
Kuva 10. Kirstinpuiston valuma-alue, hulevesiverkosto ja näytteenottopaikka. (Maanmittauslaitos)	37

## TAULUKOT

Taulukko 1. Tukholman läänin haitta-aineiden raja-arvot.	20
Taulukko 2. Ominaiskuormitusarvoja eri taajamankäyttötavoille. (Vakkilainen ym. 2005, 34.)	21
Taulukko 3. Kuormituslähteiden typpi- ja fosforikuormitus Suomen vesistöihin. (Pertti Vakkilainen, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen 2005, 40.)	22
Taulukko 4. Saostuskokeilun tulokset. (Petri Juntunen 2007, 23.)	25
Taulukko 5. Jaaninojan valuma-alueen tietoja. (ILKKA-hanke 2014, 86.)	28
Taulukko 6. 2014 kokoomavesitiedot Jaaninojan näytepaikalta. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 25.)	28
Taulukko 7. 2013 ja 2014 kokoomavesitiedot Kuninkojan näytepaikalta. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 24.)	29
Taulukko 8. Kuninkojan virtaama sekä kokonaisfosfori- ja kiintoainekuorma 2012-2015. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 23.)	30
Taulukko 9. Kristiinankadun näytetulokset.	31
Taulukko 10. Vanha Suurtori näytetulokset.	32
Taulukko 11. Satama näytetulokset.	34
Taulukko 12. Ratapihankatu näytetulokset.	35
Taulukko 13. Etelä-Suomessa tehtyjen säätutkimustusten keskimääräiset intensiteetit. (Kuntaliitto 2012, 104.)	38
Taulukko 14. Kirstinpuiston näytetulokset.	39
Taulukko 15. Arvioituja puhdistustehoja kokonaisfosforin ja -typen poistoon. (New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual 2004, 8.)	40

Taulukko 16. Hallintamenetelmien rakentamista rajoittavia tekijöitä: 3) Ei yleensä rajoittava tekijä 2) Rajoitukset voidaan välttää huolellisella suunnittelulla 1) Huomattava rajoittava tekijä E) Ei relevantti (Kuntaliitto 2012, 203.) 41

Taulukko 17. Hallintamenetelmän soveltuvuus erilaisille maankäyttötyypeille: 3) Sopii hyvin 2) Soveltuu osittain tai tietyin ehdoin 1) Soveltuu harvoin tai ei lainkaan E) Ei relevantti (Kuntaliitto 2012, 202.) 42

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

mm	Millimetri
mm/vuosi	Millimetri per vuosi
ha	Hehtaari
l/(s×ha)	Litra per sekunti kertaa hehtaari
m <sup>2</sup>	Neliömetri
m <sup>3</sup>	Kuutiometri
l/(s×km <sup>2</sup> )	Litra per sekunti kertaa neliökilometri
mg/l	Milligramma per litra
µg/l	Mikrogramma per litra
m <sup>3</sup> /s	Kuutiometri per sekunti
kg/vuosi	Kilogramma per vuosi
g	Gramma
g/m <sup>3</sup>	Gramma per kuutiometri



# 1 JOHDANTO

Rakennetuilla alueilla maan pinnalle tai muille vastaaville pinnoille kertyvää sade- ja sulamisvettä kutsutaan hulevedeksi. Ympäristölle haitallisia aineita hulevesiin päätyy esimerkiksi kaduilta, viheralueilta, autoista, maaperästä sekä teollisuuspäästöistä. (Turun kaupungin hulevesiohjelma 2016, 5.) Tyypillisesti kovilta pinnoilta muodostuvat hulevedet johdetaan sekaviemäröinnillä jätevedenpuhdistamolle tai hulevesivemärissä puhdistamattomana vesistöön (Kuntaliitto 2012, 18-19.). Puhdistamattomien hulevesien haitta-aineet vaikuttavat suoraan vesiemme tilaan, joten niiden tutkiminen on kiinnostavaa ja tärkeää.

Opinnäytetyön tarkoituksena on arvioida uusimpien vesinäytteiden avulla Kirstipuiston valuma-alueen hulevesistä aiheutuva ravinnekuorma sekä arvioida kohteelle sopivia puhdistustapoja. Vesi- ja ravinnemäärät on esitetty laskemalla olemassaolevien tietojen avulla. Opinnäytetyössä esitellään myös muut Turussa tehdyt hulevesinäytteenottojen tulokset sekä käsitellään hulevesien johtamiseen, päästöihin ja laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Luonteeltaan työ on kokoelma tärkeää tietoa hulevesistä ja niiden tutkimuksesta Turussa. Tutkimusosio keskittyy ravinnekuorman ja vesimäärien arviointiin sekä hulevesien puhdistusmenetelmien pohdintaan. Turun osalta työ antaa tietoa jo tehdyistä vesinäytteistä ja auttaa mahdollisesti valitsemaan tulevaisuuden näytekohteita.

## 2 HULEVEDET YLEISESTI

### 2.1 Mitä hulevedet ovat?

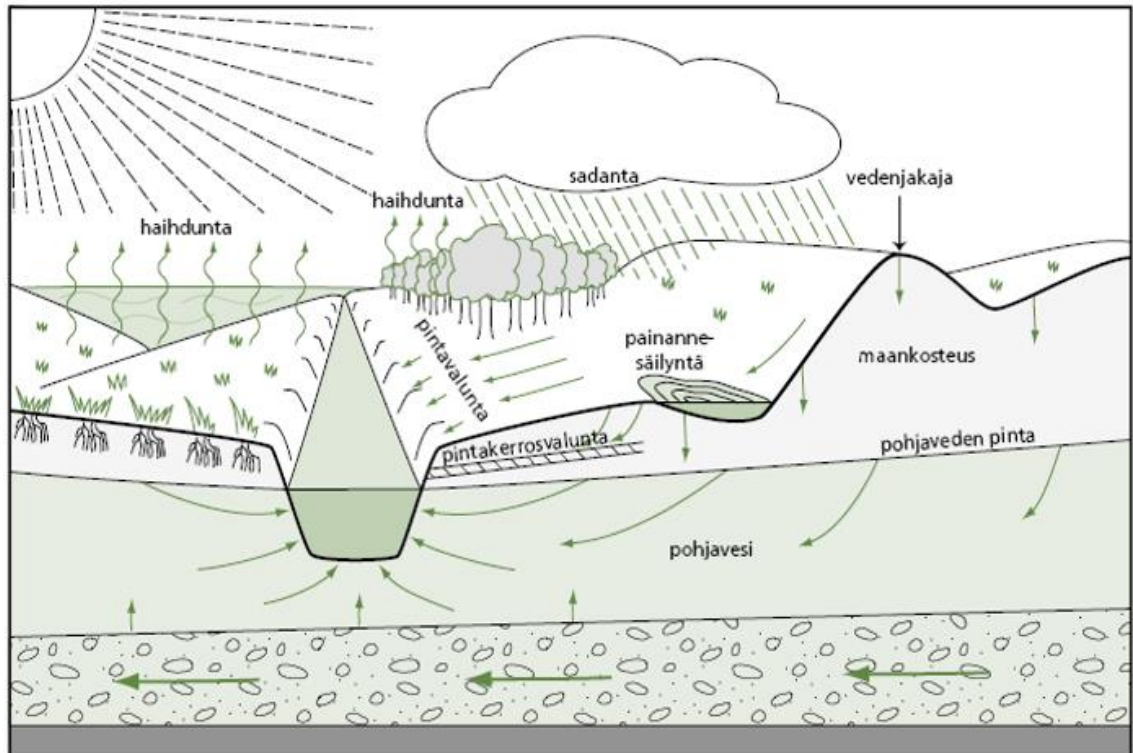
Sade- ja sulamisvesien valunnan syntymiseen vaikuttavat monet eri tekijät. Näitä tekijöitä ovat sateen intensiteetti ja kesto, sadetapahtumaa edeltävän sadettoman ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän ominaisuudet. Suurin yksittäinen valunnan aiheuttaja varsinkin kesäsäteiden aikana on läpäisemättömän pinnan osuus. Mitä enemmän läpäisemätöntä pintaa on, sitä nopeammin syntyy pintavaluntaa. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL, 132/1999) säädetään suurin osa hulevesiä koskevasta lainsäädännöstä. Tavoitteena on edistää hulevesien suunnitelmallista hallintaa, johon sisältyy muun muassa imeyttäminen sekä viivyttäminen hulevesien kerääntymispai- kalla. (MRL 103 c §). Hulevesien hallinta muodostuu imeyttämiseen, viivyttämiseen, joh- tamiseen, viemärointiin ja käsittelyyn liittyvistä toimista (MRL 103 b §). Asemakaava- alueella kunta vastaa hulevesien hallinnasta. (Ulvi 2016, 1.)

EU:n tulvadirektiiviin (2007/60/EY) perustuvat laki (620/2010) sekä asetus tulvariskien hallinnasta (659/2010) koskevat myös hulevesien hallintaa. Tulvariskien vähentämisen ja ehkäisemisen lisäksi tulvavahinkojen lieventäminen ja tulviin varautumisen kehittämi- nen sisältyvät lainsäädäntöön. (Ulvi 2016, 1.)

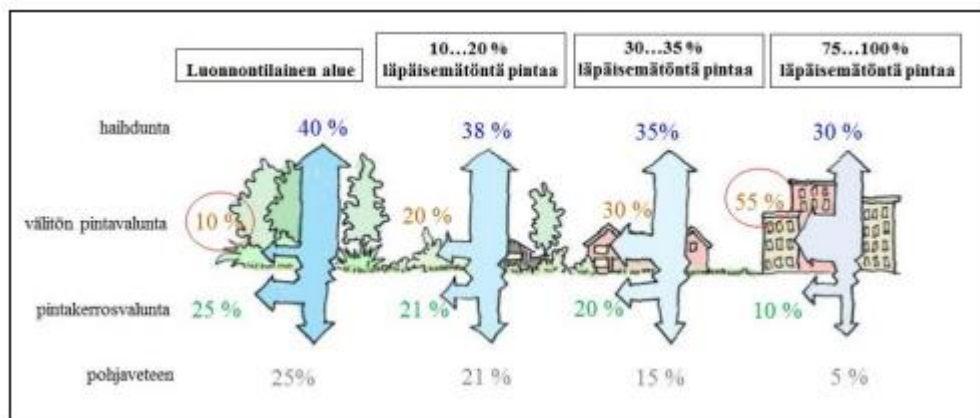
### 2.2 Hydrologinen kierto

Luonnossa vesi kiertää jatkuvasti. Veden kiertokulku sisältää veden varastoitumisvaihi- teita ja niiden välisiä siirtymiä. Haihdunta, kosteuden kulkeutuminen ilmakehässä, sa- danta ja valunta ovat veden eri siirtymisvaihteita. (Salaojayhdistys 2013, 2.)



Kuva 1. Veden kiertokulku. (Salaojayhdistys, 5.)

Hulevesissä oleellista on valuntaan päätyvä vesimäärä (Ilmastonkestävä kaupunki, 3.).



Kuva 2. Läpäisemättömän pinnan vaikutus valuntaan. (Ilmastonkestävä kaupunki, 4.)

Rakennetuilla alueilla läpäisemättömän pinnan osuus kasvaa luonnolliseen tilaan verrattuna. Näin vesi ei pääse imeytymään maaperään tai pidättymään kasvillisuuteen ja pintavaluntaa lisääntyy. (Ilmastonkestävä kaupunki, 3.)

### 2.3 Veden kokonaismäärä

Veden kokonaismäärä pystytään laskemaan vesitaseyhtälön avulla.

Vesitaseyhtälö:

$$P = Q + E(\pm \Delta S)$$

Jossa:

$P$  = sademäärä

$Q$  = valunta

$E$  = haihdunta

$\Delta S$  = vesivaraston muutos

Suureet kuvaavat vesimäärää pinta-alayksikkö kohden ja yksikkönä käytetään millimetriä (mm).

Kaava 1 Vesitaseyhtälö (Salaojayhdistys 2013, 6.)

Varsinais-Suomessa sataa vuodessa noin 600-700 mm (Ilmatieteenlaitos) ja haihdunta on noin 450mm/vuosi (Salaojayhdistys 2013, 7.)

Varsinais-Suomessa valuntaan päätyy:

$$Q = P - E = (650 \text{ mm/vuosi}) - (450 \text{ mm/vuosi}) = 200 \text{ mm/vuosi}$$

Kertomalla valunta halutulla pinta-alalla, saadaan huleveden määrä tilavuusyksikössä. Neliökilometrin alueelta valumana poistuva hulevesimäärä vuodessa on keskimäärin:

$$1\,000\,000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 200\,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Jolloin keskimääräinen valunta on } 200\,000\,000 \text{ l} \div ((365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}) \times \text{km}^2) = 6,34 \text{ l/(s} \times \text{km}^2)$$

## 2.4 Huleveden suurin virtaama ja virtauksen hidastumiskerroin

Hulevesien suurin virtaama viemärissä johtuu kesäsateista, lumien sulamisvedet aiheuttavat aina pienemmän vesimäärän. Järjestelmät mitoitetaan rankkasateelle, kuitenkin niin, ettei aivan harvinaisen suuria rankkasateita pystytä johtamaan pois. Näissä tapauksissa tilapäinen tulviminen sallitaan. Viemäriin suurin virtaama saadaan kaavasta:

$$Q = \varphi \times A \times q$$

jossa

$\varphi$  = valumiskerroin

A = valuma-alueen pinta-ala (ha)

q = mitoitussateen rankkuus (l/(s\*ha))

Kaava 2 Viemäriin suurin virtaama (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)

Valumiskerroin on suhdeluku, joka kertoo pintavaluntana välittömästi purkautuvan veden osuuden koko sademäärästä. Siinä on huomioitu haihtuminen ja imeytyminen sekä veden virtauksien hidastuminen valuma-alueella. (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)

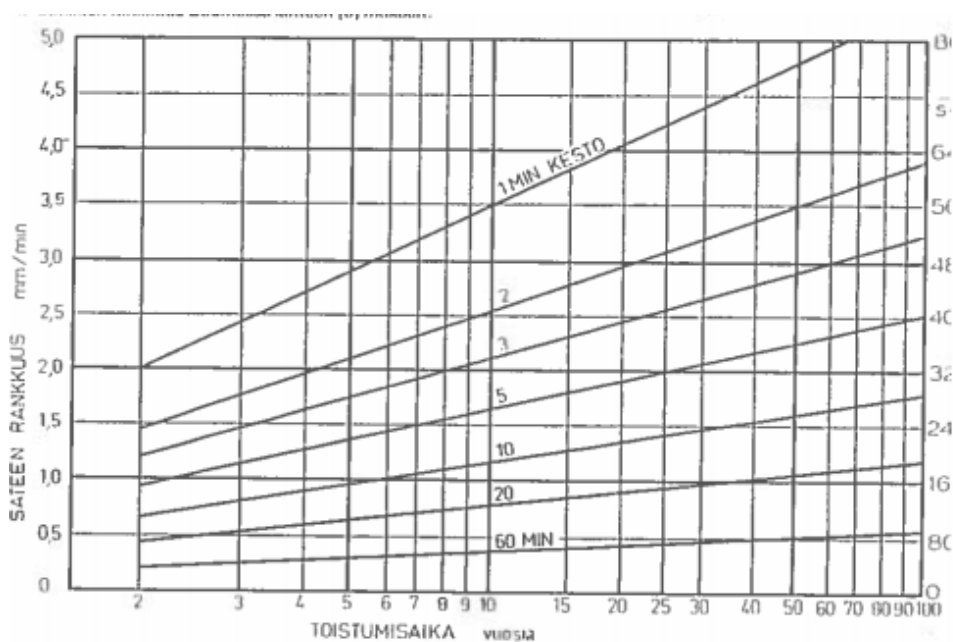
Pinnan laatu	Kerroin $\varphi$
Katto .....	0,90
Betoni- ja asfalttipinta .....	0,80
Tiivissaumainen kiveys .....	
Kallio .....	0,70
Kiveys hiekkasaumoin .....	
Hyväkuntoinen soratie .....	0,50
Kallioinen puuton puistoalue .....	
Paljas, laakeahko kallio .....	0,40
Sorakenttä ja -käytävä .....	0,30
Puistomainen pihalla .....	0,20
Puisto, jossa on runsaasti kasvillisuutta .....	0,15
Kallioinen metsä .....	
Niitty, pelto puutarha .....	0,10
Tasainen, tiheäkasvuinen metsä .....	0,05

Kuva 3. Pinnan laadun vaikutus valumakertoimeen (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)

Mitoitussateella tarkoitetaan suurinta sadevesimäärä, jonka viemäri pystyy johtamaan pois. Mitoitussateeseen vaikuttavat tekijät ovat sateen rankkuus, kesto aika ja toistuvuus.

Mitoitussateen kestoajaksi valitaan yleensä arvo 10 ja 15 minuutin väliltä. Kaaviosta saadaan sateen rankkuus y-akselilta kesto- ja toistumisajan avulla. Sateen rankkuus muutetaan millimetreiksi sateen keston avulla. Jos sateen rankkuus on esimerkiksi 1,7 mm/min, sataa 10 min ajanjaksolla 17 mm. Tällöin hehtaarille satava vesimäärä on  $10\,000\text{ m}^2 \times 0.017\text{ m} = 170\text{ m}^3$ . Tällöin sateen rankkuus 10min (600s) on  $170\,000\text{ l} \div (600 \times \text{ha}) = 283.3\text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$  (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)

Kuva 4. Mitoitussateen arviointia helpottava kaavio. (Tampereen teknillinen korkeakoulu, 50.)



2.3 luvussa esitettyyn keskivaluntaan ( $6,34\text{ l}/(\text{s} \times \text{km}^2)$ ) verrattuna suurin valunta on lähes viisituhatkertainen.

Suurilla valuma-alueilla suurinta virtaamaa arvioidessa on otettava huomioon myös valuma-alueella tapahtuva virtauksen hidastuminen. Hidastumiskerroin:

$$\psi = 1 \div \sqrt[n]{A},$$

Jossa

A = viemäröintialue, ha

n = maaston keskikaltevuus

Keskikaltevuuden ollessa suuri, arvo on 8. Kohtalaisen kaltevassa maastossa 5 tai 6 ja laakealla alueella arvo on 4.

Kaava 3 Hidastumiskertoimen laskeminen (Karttunen 2004, 463.)

### 3 HULEVESIEN JOHTAMINEN

Hulevesien johtaminen tapahtuu seka-, hulevesi- ja avoviemärien avulla. Erillisessä hulevesiviemärissä vesi päätyy puhdistamattomana vesistöön ja sekaviemäröinnillä jäteveden mukana jätevedenpuhdistamolle. Erillisviiemäröinnin määrää pyritään kasvattamaan keskusta-alueilla, mutta molempia viemäröintityyppejä on käytössä.

Avoviemärit ovat nimensä mukaisesti avonaisia ja sijaitsevat maan päällä. Avoviemäri voi olla esimerkiksi avo-oja.

Hulevesiviemäröinti pyritään tekemään veden luonnollisia valumareittejä ja -alueita pitkin hyödyntäen painovoimaa. Tästäkin huolimatta viemäröinti on luonnoton tapa hulevesille kulkea ja estää muun muassa niiden imeytymisen maaperään. (Kuntaliitto 2012, 18-21.)

#### 3.1 Sekavesiviemäröinti

Kaupungeilla voi olla käytössä sekaviiemäröinti hulevesille varsinkin kaupunkialueen vanhoissa verkostoissa. Kun vuotovesiä ja kiinteistöjen hulevesien johdetaan jätevesiviemäriverkkoon, lisää se verkostotulvien mahdollisuutta ja kuormitusta jätevedenpuhdistamolle. (Ympäristöopas 2008, 16.)

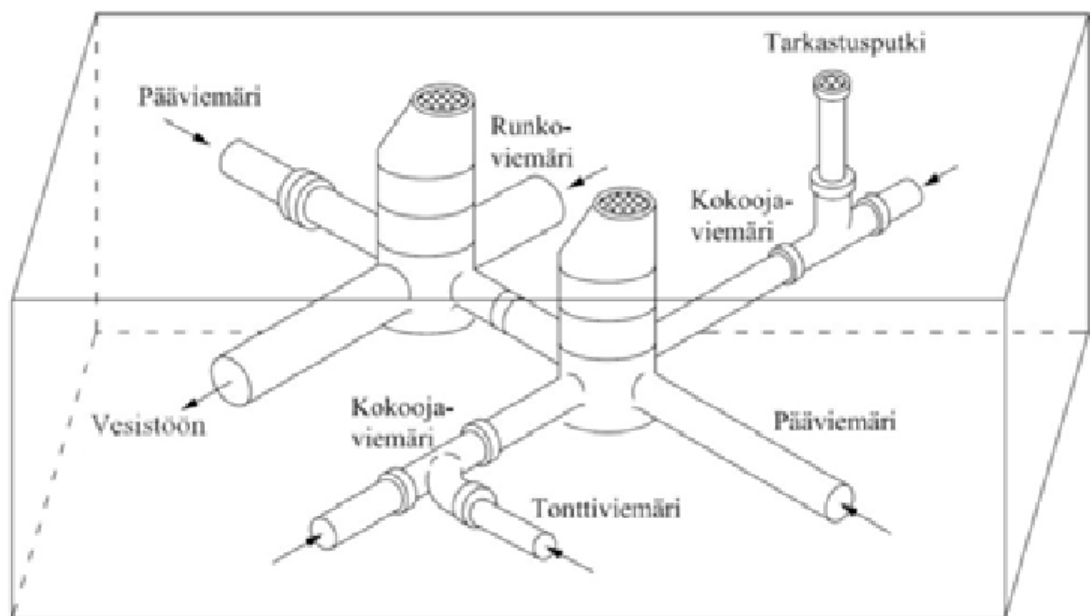
Etenkin rankkasateiden ja kevätylivalunnan aikaan sekavesiviemäri voi tulvia suuren hulevesimäärän vuoksi. Tulvakynnyksen ylittyessä sekavesiviemäri päästää vettä suoraan maastoon tai vesistöön, mikä estää vesien tulvimisen kaduille ja rakennuksiin. Tulvarisikin ja tulvimisen vuoksi hulevesiä olisi hyvä kuljettaa erillisviiemärissä. Rakennustyöt ovat kuitenkin hankalia ja kalliita, mikä on este erillisviiemäröintiin siirtymisessä. (Kuntaliitto 2012, 190.)

Hulevesiä päätyy myös sekaviiemäriin kaivojen kansien vuotaessa tai verkon huonojen putkirakenteiden/saumausten takia. Esimerkiksi HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelut) alueella vuotovesien määrä on keskimäärin 40 % koko jätevedenpuhdistamolle tulevasta jätevesimäärästä. Tämän verkoston pituus on 2800 km ja jätevedenpumpppaamoita alueelta löytyy 520. Suurimmat piikit virtaamassa ovat jopa 200 % keskimääräisestä virtaamasta. Tämä viittaa siihen, että hulevesiä pääsee verkostoon. (Laakso, Lampola & Yrjölä, 1.)



### 3.2 Erillisviemäröinti

Hulevesille tyypillisin viemäröintityyppi on erillisviemäröinti. Tällöin hulevedet kulkevat erillään jätevesistä ja päätyvät puhdistamattomana vesistöön. Lähes aina uusille alueille rakennetaan kadulle erillisviemäröinti. Katujen ja putkistojen korjaustöissä saatetaan erillisviemäröinti toteuttaa jälkikäteen. Erillisviemäröinti on kalliimpi tapa kuljettaa hulevettä, mutta ympäristönsuojelullisista syistä selvästi parempi tapa. (Kuntaliitto 2012, 190.)



Kuva 5. Hulevesien erillisviemäröinti. (Kuntaliitto 2012, 191.)

## 4 HULEVESIEN LAATU JA PÄÄSTÖLÄHTEET

### 4.1 Hulevesien haitta-aineiden päästölähteet

Hulevesiin päätyy ympäristölle haitallisia aineita viheralueiden lannoituksesta, kaduilta, maaperästä, rakennusmateriaaleista, energiantuotannosta, liikenteestä ja muista teollisuuspäästöistä. Autokannan kasvua ja ympäristön yleistä kemikalisoitumista voidaan pitää uhkana hulevesien laadulle. Hulevesissä korostuu ihmistoiminnan vaikutus ja se erottaa ne muista valumavesistä. (Heinonen ym., 6.)

Liikenteessä päästölähteitä ovat esimerkiksi öljy- ja voiteluainevuodot, pakokaasupäästöt sekä renkaiden ja jarrujen kulumisen. Myös tie- ja katupinnoista kuluu pintaa, joka on usein haitallista. Lisäksi lämpimät pinnat liikenteessä nostattavat huleveden lämpötilaa. Liikenteen päästöt ovat kiintoainesta, eri metalleja, hiilivetyjä, suolaa ja PAH-yhdisteitä. Lämpökuorma on lisäksi huomioitava asia. (Kuntaliitto 2012, 126.)

Viheralueet ja puutarhat lisäävät aina orgaanisen aineen määrää. Ruohonleikkuujäte, lehdet sekä puutarhajäte lisäävät fosfori- ja typpipäästöjä sekä kuluttavat vesistöön päätyessä happea. Lisäksi mahdolliset viheralueilla käytettävät lannoitteet ja torjunta-aineet. (Kuntaliitto 2012, 126.)

Liikenteen ja teollisuuden päästöjä sekä tuulieroosiosta tulevia haitta-aineita päätyy hulevesiin laskeumana. Laskeumat tuovat yleensä PAH-yhdisteitä, torjunta-aineita, fenoleja, metalleja, hiilivetyjä sekä typen ja rikin oksideja. (Kuntaliitto 2012, 126.)

Eläimien ulosteiden mukana päätyy hulevesiin fosforia, typpeä sekä bakteereja ja viruksia.

Rakennuksista, joita varsinkin keskusta-alueella on paljon, pääsee rappeutumisen ja korroosion mukana hulevesiin metalleja ja muita rakennusmateriaaleja. Päästölähteinä etenkin galvanoidut/maalatut pinnat sadevesikouruissa ja kattomateriaaleissa. (Kuntaliitto 2012, 126.)

## 4.2 Hulevesistä tutkittavat aineet

Tutkimukset ovat osoittaneet, että hulevesien yleisimmät haitta-aineet ovat ravinteet, metallit, kiintoaine, kloridi, öljyt, rasvat sekä PAH-yhdisteet ja torjunta-aineet. Hulevesi sisältää usein myös suolistoperäisiä bakteereja. Parhaassa tapauksessa paikallisen havaintoaineiston perusteella osataan valita tutkittavat aineet, kun resurssit eivät usein riitä lukuisiin ja laajoihin tutkimuksiin. Alueen toiminta ja maankäyttö olisi syytä ottaa huomioon analysoitavia haitta-aineita valitessa. Tapauskohtaisesti kuitenkin hulevesistä on aina syytä määrittää useita eri haitta-aineita. (Kuntaliitto 2012, 124.)

### 4.2.1 Ravinteet

Fosforilla on eri esiintymismuotoja. Tyypillisesti seurataan kokonaisfosforipitoisuutta, joka kertoo fosforin kokonaismäärän. Fosforipitoisuuden avulla saadaan tietoa veden rehevyydestä, koska fosfori on perustuotantoa rajoittava minimiravinne. (Vesientila, 1.)

Kokonaistyyppi kertoo veden kaikkien typen esiintymismuotojen kokonaismäärän. Vesiin tyyppiä pääsee sade-, valuma- ja jätevesien mukana. Pääravinteena typpi rajoittaa perustuotantoa vesistöissä yhdessä fosforin kanssa. (Vesientila, 2.)

### 4.2.2 Raskasmetallit

Raskasmetalleja päätyy vesistöön ja ilmakehään luonnon prosesseissa sekä ihmistoiminnan seurauksena, joka pitää sisällään muun muassa fossiilisten polttoaineiden polton, jätteiden polton sekä metallituotannon. Raskasmetallit usein aiheuttavat lajimuutoksia ja ovat myrkyllisiä eliöstölle. (E-R. Venäläinen ym. 2004, 9.)

Kadmium on myrkyllinen alkuaine, joka pääsee ympäristöön metallien tuotanto- sekä jalostusprosesseissa. Pitoisuuksia nostattaa myös liikenne ja kaukokulkeuma. (Venäläinen ym. 2004, 9.)

Elohopealla on luonnossa eri esiintymismuotoja. Nämä esiintymismuodot eroavat toisistaan myrkyllisyyden suhteen siten, että orgaaninen elohopea on epäorgaanista myrkyllisempää. Elohopeaa syntyy maankuoren luonnollisessa emissiossa. Vesistöihin elohopea päätyy huuhtoutumien ja rapautumisien vuoksi. Ympäristöön elohopeaa päätyy

myös teollisuudesta, öljytuotteiden jalostuksesta sekä poltettaessa jätteitä. (Venäläinen ym. 2004, 9.)

Lyijy on haitallinen alkuaine, joka kerääntyy elimistöön. Ympäristöön lyijyä päätyy metallisulatoista, saastuneilta maa-alueilta sekä poltettaessa fossiilisia polttoaineita. (Venäläinen ym. 2004, 9.)

Raskasmetalleista vesipuitedirektiivin mukaisesti vesiympäristölle vaaralliseksi ja haitalliseksi aineiksi on nimetty kadmium yhdisteeseen sekä elohopea yhdisteeseen. (Finlex 2015)

#### 4.2.3 Kiintoaine

Kiintoaineeseen on sitoutunut suurin osa huleveden kuljettamista haitta-aineista. Kiintoainetta pidetään yleisesti tärkeimpänä yksittäisenä laatuparametrinä hulevesille, sillä negatiiviset vesistövaikutukset liittyvät usein suoraan tai epäsuorasti kiintoaineen kulkeutumiseen. (Kuntaliitto 2012, 21. & 124.)

#### 4.2.4 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka sisältävät vetyä ja hiiltä. PAH-yhdisteessä on aina kaksi tai useampi bentseenirengasta yhdessä. PAH-yhdisteiden kulkeutuminen tapahtuu hiukkasina ilmakehän virtausten mukana, ja tästä syystä ne ovat levinneet kaikkialle. Yhdisteiden päästölähde on epätäydellinen palaminen esimerkiksi polttoaineissa, liikenteessä tai teollisuudessa. (Evira 2003, 87.)

#### 4.2.5 Muut haittatekijät

Sedimentit ja kelluva aines kaduilta, nurmikoilta, rakennustyömailta ja teiltä purkuvesistöissä vähentävät valonmäärää. Tämä johtaa kutupaikkojen vähenemiseen, rantojen mataloitumiseen sekä aineksen kasautumisen pohjaeliöiden päälle. Asuinalueiden puutarhoista, nurmikoilta, teiden pientareilta sekä muilta maisemoiduilta alueilta pääsee tuhoalaismyrkyjä sekä rikkaruohon torjunta-aineita huleveteen, ja ne ovat eliöille myrkyllisiä

purkuvesistössä. Erityisen lämpimät hulevedet päätyessään vesistöön vähentävät happipitoisuutta, voivat tappaa kaloja sekä lisää mahdollisuutta levien kasvuun. (Kuntaliitto 2012, 135.)

#### 4.3 Haitta-ainepitoisuuksien arviointi

Hulevesien pitoisuudet vaihtelevat ajan suhteen paljon, joten yksittäiset havainnot eivät kuvaa hyvin keskimääräistä pitoisuutta. Hulevesien laatua parhaiten kuvaisi monen näytteen mediaani, jonka arvoon ei poikkeukselliset arvot vaikuta merkittävästi. Yksittäiset havainnot ovat hyviä, kun mietitään, mitä aineita kannattaisi seurata tarkemmin. (Kuntaliitto 2012, 128.)

Valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista on määrätty sisämaan pintavesille sekä merivesille ja muille pintavesille vuosikeskiarvoina pitoisuusrajoja eri haitta-aineille. Asetuksen tarkoitus on suojella pinta-, pohja- ja merivesiä pilaantumasta päästökieltojen ja päästöraja-arvojen avulla. Asetusta voidaan soveltaa hulevesiin. (Finlex, 2006)

Tukholmassa on kehitetty juuri hulevesille raja-arvot, joihin Turun alueen arvoja on tässä opinnäytetyössä verrattu. Tukholman raja-arvot sisältävät kohtalaisen sekä korkean raja-arvon. Taulukossa vasemmalla on kohtalainen ja oikealla korkea raja-arvo. (Riktvärdesgruppen 2009, 5.)

Taulukko 1. Tukholman läänin haitta-aineiden raja-arvot.

Kokonaisfosfori (µg/l)	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	2 000 µg/l	3 000 µg/l
Lyijy (µg/l)	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljy hiilivetyindeksi (µg/l)	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	40 mg/l	75 mg/l

#### 4.4 Rakennetun alueen vesistökuormituksen arviointi ilman näytteenottoa

Näytteenoton sijasta voidaan hankkia tietoa kunkin taajamamaankäyttötavan kuluttamasta pinta-alasta sekä selvittää taajamamaan käyttötavan ominaiskuormitusarvo. Kerromalla pinta-ala sekä ominaiskuormitusarvo saadaan kokonaiskuormitus alueelle. Jos ominaiskuormitusarvoa ei ole, voidaan se arvioida useiden maankäyttötietojen avulla.

Taulukko 2. Ominaiskuormitusarvoja eri taajamankäyttötavoille. (Vakkilainen ym. 2005, 34.)

	Kokonaisfosfori (kg P/km <sup>2</sup> /a)	Kokonaistyyppi (kg N/km <sup>2</sup> /a)	Kiintoaine (10 <sup>3</sup> kg / km <sup>2</sup> /a) <sup>1</sup>	CODCr <sup>3)</sup> (10 <sup>3</sup> kg O <sub>2</sub> / km <sup>2</sup> /a)	BOD <sup>3)</sup> (10 <sup>3</sup> kg O <sub>2</sub> / km <sup>2</sup> /a)
Kerrostaloalueet <sup>1)</sup>	38	884	21	17	2
Pientaloalueet <sup>1)</sup>	24	495	10	11	2
Keskusta-alueet <sup>2)</sup>	142	725	45	45	7
Teollisuus- ja varastoalueet <sup>2)</sup>	86	290	79	19	4
Liikennealueet <sup>2)</sup>	41	300	37	28	3

Liikenteestä tulevaa tarkempaa hulevesikuormaa arvioidaan liikennemäärän ja ympäristöön päätyville aineille johdettujen emissiomallien ja kulkeutumismallien avulla.

Taulukko 3. Kuormituslähteiden typpi- ja fosforikuormitus Suomen vesistöihin. (Pertti Vakkilainen, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen 2005, 40.)

	Kokonaisfosforikuorma (T P a <sup>-1</sup> )	Osuus (%)	Kokonaistypikuorma (T N a <sup>-1</sup> )	Osuus (%)
Yhdyskunnat	224	5,2	12 347	15,8
Massa- ja paperiteollisuus	205	4,8	2 584	3,3
Muu teollisuus	25	0,6	931	1,2
Kalankasvatus	80	1,9	646	0,8
Turkistarhaus	45	1,0	430	0,6
Turvetuotanto	45	1,0	1 000	1,3
Maatalous	2 600	60,5	39 500	50,5
Haja-asutus	355	8,3	2 500	3,2
Metsätalous	350	8,1	4 100	5,2
Laskeuma suoraan vesistöihin	280	6,5	13 000	16,6
Rakennetun ympäristön hulevedet	92	2,1	1 141	1,5
<i>Yhteensä</i>	<i>4 301</i>	<i>100</i>	<i>78 179</i>	<i>100</i>

Suomessa vesistöjä kuormittaa fosforin ja typen osalta kuudenneksi eniten rakennetun alueen hulevedet. Typen 1,5 % ja fosforin 2,1 % ovat kuitenkin hyvin pieniä osuuksia kokonaiskuormituksesta. (Vakkilainen ym. 2005, 32-33.)

## 5 HULEVESIEN PUHDISTUS

### 5.1 Hulevesien puhdistus yleisesti

Huleveden laadun parantamisen pääkohtana pidetään päästöjen vähentämistä ja ennaltaehkäisyä. Tietoisuuden lisääminen ja hyvä ohjeistus esimerkiksi torjunta-aineiden käytössä tai koirien jätösten keräämisestä toimivat ennaltaehkäisyinä. Päästöjen vähentämisessä on tärkeää pitää läpäisemättömät pinnat puhtaina. Harjaamalla ja pesemällä katuja saadaan kiintoaine, roskat ja näihin kertyneet epäpuhtaudet pois hulevesistä. (Kuntaliitto 2012, 21.)

Kasvillisuudella on suuri rooli hulevesien puhdistuksessa ja vähentämisessä. Kasvillisuus haihduttaa vettä pinnoilta sekä käyttää sitä soluhengitykseen sekä yhteyttämiseen. Näin veden kokonaismäärä pienenee. Kasvillisuudella ja sen maaperällä on myös kyky muokata maaperää huokoisemmaksi, joka edistää veden imeytymistä. Kasveilla on hyvä kyky pidättää ja sitoa ravinteita hulevedestä, joka tekee siitä puhdistajan hulevesille. Alla esitetyissä puhdistusmahdollisuuksissa kasvillisuudella on usein merkittävä rooli. (Kuntaliitto 2012, 142. & 217.)

#### 5.1.1 Biosuodatus

Yksinkertaisimmillaan biosuodatusalueet ovat viherpainanteita, joissa vesi suodattuu usean maakerroksen ja kasvillisuuden läpi maaperään tai salaojaan. Yleensä biosuodatusalueella on 0,7-1 m paksu maapatja, jonka päällä ohut kasvillisuuskerros. Tutkimuksissa on todettu biosuodatusalueiden pidättävän hyvin ravinteita, hiilivetyjä, kiintoainetta sekä raskasmetalleja. Useiden muiden puhdistusmenetelmistä poiketen biosuodatus ei vaadi isoja määriä tilaa, vaan se voidaan rakentaa esimerkiksi jälkikäteen tiheästi rakennetulle alueelle. (Pinja Kasvio, Teemu Ulvi, Jari Koskiahho & Jukka Jormola 2016, 19.)

#### 5.1.2 Kosteikot

Kosteikko on rakennettu tai luonnonmukainen allas, jossa esiintyy runsaasti kosteikko- ja vesikasvillisuutta. Kosteikko on kuivinakin kausina pinnoilta märkä. Kun kosteikoissa



vesi viipyy pitkään, siinä yhdistyy hiukkasten laskeuttaminen, kasvien avulla suodattaminen sekä viivyttäminen. Biologisen toiminnan avulla kosteikon kasvit sitovat liukoista typpeä sekä fosforia. (Ilmastonkestävä kaupunki, 23.)

### 5.1.3 Lammikko

Lammikot toimivat hyvin virtaaman tasaajina ja veden puhdistajina. Hetkellisesti pysähtyvä vesi laskeuttaa epäpuhtaudet pohjalle. Puhdistustehon kannalta optimaalisin pituuden ja leveyden suhde lammikolle on 2:1. Lammikon pohjalle kerääntyvä liete on otettava huomioon kunnossapitoa suunnitellessa. (Ilmastonkestävä kaupunki, 25.)

### 5.1.4 Viherkatot

Rakentamisen lisääntyessä myös kattopinta-alan määrä kasvaa, joka lisää hulevesien määrää. Paikoissa, joissa on paljon kattopinta-alaa, on usein suuri määrä asfalttia, kuten koulut pihoineen tai kerrostalot. Tällaisilla alueilla olisi hyvä korvata ainakin osa tavallisista katoista viherkatoilla. Viherkatto kykenee viivyttämään ja haihduttamaan vettä kosteina kausina 10-35 % sekä kuivina kausina 65-100 % sadannasta.

Oikean kattokasvillisuuden valintaa vaikuttaa moni tekijä, kuten katon kaltevuus ja kantavuus, paikan tuulisuus, valoisuus, käyttötarkoitus ja hoitoresurssit. (Ilmastonkestävä kaupunki, 9.)

### 5.1.5 Kemiallinen saostus

Kemiallisia saostusta ei ole juurikaan käytetty Suomessa hulevesiin, vaikka juomaveden ja jäteveden käsittelyssä se on havaittu toimivaksi ratkaisuksi. Kuopiossa on toteutettu saostuskokeilu 3.5. – 19.10.2006. Käsittelylaitteistoon kuuluivat virtaaman mittaus, kemikaalin syöttö ja sekoitus sekä laskeutusallas. Kemikaali annosteltiin tulokaivoon, jossa se sekoittui virtauksen avulla veteen. Tästä vesi ohjattiin laskeutusaltaaseen. Kemikaalina käytössä oli polyalumiinikloridi. Annoksena käytettiin 15.5.2006 – 15.9.2006 50 mg/l ja sen jälkeen annos nostettiin 150 mg:aan/l kokeen loppuajaksi.

Kokeilulla saatiin fosforin keskimääräiseksi reduktioksi 60 % ja kiintoaineen 51 %. (Juntunen 2007, 21-24.)

Tarkemmat tulokset taulukossa 4.

Taulukko 4. Saostuskokeilun tulokset. (Petri Juntunen 2007, 23.)

<b>Taulukko 1. Hulevesien saostuskokeilun tuloksia.</b>							
<b>Tuleva vesi</b>	Virtaama l/s	pH	Lämpötila °C	Sähkönjohtavuus mS/m	Kokonaisfosfori µg/l	Kiintoaine mg/l	Liukoinen fosfori µg/l
Keskiarvo	0,9	7,21	14,2	23,2	43,4	13,8	-
Suurin arvo	4,8	7,66	19,8	35,6	200	113,5	-
Pienin arvo	0,1	6,53	7,9	4,3	0	2	-
<b>Lähtevä vesi</b>		pH	Lämpötila °C	Sähkönjohtavuus mS/m	Kokonaisfosfori µg/l	Kiintoaine mg/l	Liukoinen fosfori µg/l
Keskiarvo	0,9	6,86	16,1	24,8	18,9	6,8	5,6
Suurin arvo	4,8	7,47	22	35,4	100	39,8	18
Pienin arvo	0,1	5,75	10,2	15,7	0	0	0

## 6 TURKU

### 6.1 Turun keskusta-alueen vesimäärä ja vesistökuormituksen arviointi

Kaupungistuminen usein heikentää huleveden laatua. Tämä johtuu siitä, että kaupunki-alueella on vähän hulevesiä luonnollisesti puhdistavia elementtejä (lammikot, avo-ojat ja kosteikot) sekä paljon päästölähteitä. Verrattuna metsäisiin valuma-alueisiin, kaupungin virtavesien haitta-ainepitoisuudet ovat yleensä 1-2 kertaa suurempia. Huleveden laatu saattaa vaihdella paljonkin eri kaupunkialueiden välillä. (Pertti Vakkilainen, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen 2005, 8.)

Turun 2016 laatiman hulevesiohjelman mukainen hulevesien käsittelyn prioriteettijärjestys:

- 1) Hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan
- 2) Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hidastavalla ja viivyttävällä järjestelmällä
- 3) Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemärissä viheralueilla sijaitseville hidastus- ja viivytysalueille ennen ojiin tai vesistöön (puroihin) johtamista
- 4) Hulevedet johdetaan hulevesiviemärissä suoraan vastaanottavaan vesistöön (Turun kaupungin hulevesiohjelma 2016, 7.)

Tutkitaan Turun alueen hulevesimäärää kaavoitetun alueen avulla, sillä niiltä alueilta hulevettä muodostuu. Turussa on kaavoitettua aluetta noin 97,5 km<sup>2</sup> (Tilastotietoja Turusta 2015), jolloin hulevesimäärä on:

$$\text{Vesitaseyhtälö } P = Q + E$$

Valunta:

$$Q = P - E = (650 \text{ mm/vuosi}) - (450 \text{ mm/vuosi}) = 200 \text{ mm/vuosi}$$

Hulevesimäärän tilavuus:

$$(0,2 \text{ m/vuosi}) \times 97\,500\,000 \text{ m}^2 = 19\,500\,000 \text{ m}^3/\text{vuosi}$$



## 6.2.1 Jaaninoja

Jaaninoja on virtaa 8 kilometrin pituisena ja laskee Aurajokeen. Uoman pituus on noin 6,6 km. Valuma-alue on kooltaan noin 14,2 km<sup>2</sup> ja koostuu pääosin kalliosaarekkeesta ja savesta. Kallioiden ympärillä on myös moreenia. Valuma-alueen esiintyy hiekka-alueita koillis- ja lounasosissa. Valuma-alue on suurimmaksi osaksi asuin- ja puistoalueita, mutta itäreunalta löytyy myös toimistoja. (ILKKA-hanke 2014, 84-86.)

Taulukko 5. Jaaninojan valuma-alueen tietoja. (ILKKA-hanke 2014, 86.)

Valuma-alue nro	6,0;1
Nykytilanne	
Puro/oja/noro	
Valuma-alueen pinta-ala [ha]	1418
Suunnittelualan sisäpuolella	100 %
Läpäisemättömän pinta-ala [ha]	
• Kattopinta-ala	117,4
• Teiden pinta-ala	203,1
Valuntakerroin	0,36
Tulevaisuus	
Läpäisemättömän pinta-alan muutos [ha]	23,9
Valuntakerroin	0,37

2012-2015 vuosien välillä on Jaaninojan valuma-alueella tehty hulevesitutkimusta Turun ammattikorkeakoulun toimesta. Vuosien 2013 ja 2014 aikana tehtiin sateen aikana kokoomavesinäytteenottoja Jaaninojalla, jotta saataisiin tarkka arvio ravinnekuormasta sadetapahtuman aikana eri virtaamilla. Jaaninojalla otettiin neljä kokoomanäytettä, joihin kerättiin vettä 30 tai 60 minuutin välein. Kokoomanäytteen aika riippui sadetapahtuman kestosta. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 22.)

Tulokset:

Taulukko 6. 2014 kokoomavesitiedot Jaaninojan näytepaikalta. (Eemeli Huhta &amp; Piia Leskinen 2016, 25.)

Kokooma pvm	Kiintoaine 0,4 (mg/l)	Kok. fosfori (µg/l)	Kok. typpi (µg/l)	*Virtaama m <sup>3</sup> /vrk
31.7.-1.8.2014	88	190	1 400	29 316
18.8.-19.8.2014				
Kokooma 1 (14:00-08:00)	46	100	910	
Kokooma 2 (08:00-16:00)	72	130	810	70 634
19.8.-20.8.2014	36	77	1 100	48 528
6.11.-7.11.2014				
Kokooma 1 (18.30-00:00)	75	140	1 400	
Kokooma 2 (00:30-8:00)	79	160	1 100	18 039

Kokonaisuudessaan voidaan sanoa ravinne- ja kiintoainepitoisuuksien olevan korkeita. Jaaninojalla kokonaisfosfori- sekä kiintoainepitoisuudet korreloivat keskenään. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 23.)



## 6.2.2 Kuninkoja

Kuninkojan valuma-alue on noin 29,7 km<sup>2</sup> ja sijoittuu Turun, Raision ja Ruskon alueelle. Valuma-alueen pääuoma on noin 7 kilometriä pitkä. Maaperä valuma-alueella muodostuu savilaaksosta, jossa oja ja sitä ympäröivää kalliota. Lisäksi on pieniä alueita hiekkaa sekä turvetta valuma-alueen latva-alueilla ja lentokentän suoalueella. (ILKKA-hanke 2014, 52-54.)

2012-2015 vuosien välillä on Kuninkojan valuma-alueella tehty hulevesitutkimusta Turun ammattikorkeakoulun toimesta. Kuninkojalla otettiin kahdeksan kokoomavesinäytettä.

Taulukko 7. 2013 ja 2014 kokoomavesitiedot Kuninkojan näytepaikalta. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 24.)

Kokooma pvm	Kiintoaine 0,4 (mg/l)	Kok. fosfori (µg/l)	Kok. typpi (µg/l)	*Virtaama m <sup>3</sup> /vrk
<b>2014</b>				
18.8.-19.8.2014	80	140	810	81 183
19.8.-20.8.2014	79	120	980	84 438
6.11.-7.11.2014				
Kokooma 1 (18.30-00:00)	120	200	1 700	
Kokooma 2 (00:30-8:00)	84	160	1 400	40 251
<b>2013</b>				
30.7.2013	64	160	1 200	21 835
13.8.-14.8.2013	230	320	920	94 398
22.10. - 23.10.2013	34	120	1 100	30 607
28.10. - 29.10.2013				
Kokooma1 (20:30-00:00)	96	180	1 600	
Kokooma2 (00:00-04:00)	320	530	1 500	
Kokooma3 (04:00-20:00)	230	340	2 000	9 7397
5.12. - 6.12.2013				
Kokooma1 (21:30-01:00)	94	140	1 200	
Kokooma2 (01:00-07:00)	150	240	1 000	
Kokooma3 (07:00-21:00)	81	110	790	50 863

Kuninkojan kuormitustiedot:

Taulukko 8. Kuninkojan virtaama sekä kokonaisfosfori- ja kiintoainekuorma 2012-2015. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 23.)

Vuosi	Virtaama (m <sup>3</sup> )	Kokonaisfosforikuorma (kg)	Kiintoainekuorma (kg)	Seurantajakson kesto (vrk)
2012	4 151 506	1 600	1 040 000	190
2013	4 087 643	900	550 000	239
2014	4 281 863	970	590 000	268
2015	9 237 500	2 200	1 300 000	365

Tukholman läänin raja-arvoihin verrattaessa voidaan sanoa kokoomanäytteiden ravinnepitoisuuksien olevan pääsääntöisesti korkeita tai erittäin korkeita. Kuninkojan vuosittaisen fosforikuorman laskettiin pyörivän 1,5-2 tonnin tietämillä. Kokeissa huomattiin ravinnepitoisuuksien olevan suurimpia virtaamahuipun aikaan. (Eemeli Huhta & Piia Leskinen 2016, 22.)

### 6.2.3 Kristiinankatu

Kristiinankatu sijaitsee Turun keskusta-alueella, Aurajoen valuma-alueella.



Kuva 7. Kristiinankatu Turku. (Turun karttapalvelu)

Turun keskusta-alueelta löytyy sekä seka- että hulevesiviemäreitä. Keskustassa hulevesien laatua heikentää rakentaminen ja liikenne, joten on perusteltua johtaa hulevesiä jätevedenpuhdistamolle. Keskusta-alue on tiiviisti rakennettu ja yleisiä alueita ei ole hyödynnetty hulevesien hallinnassa. (ILKKA-hanke 2014, 67.)

Taulukko 9. Kristiinankadun näytetulokset.

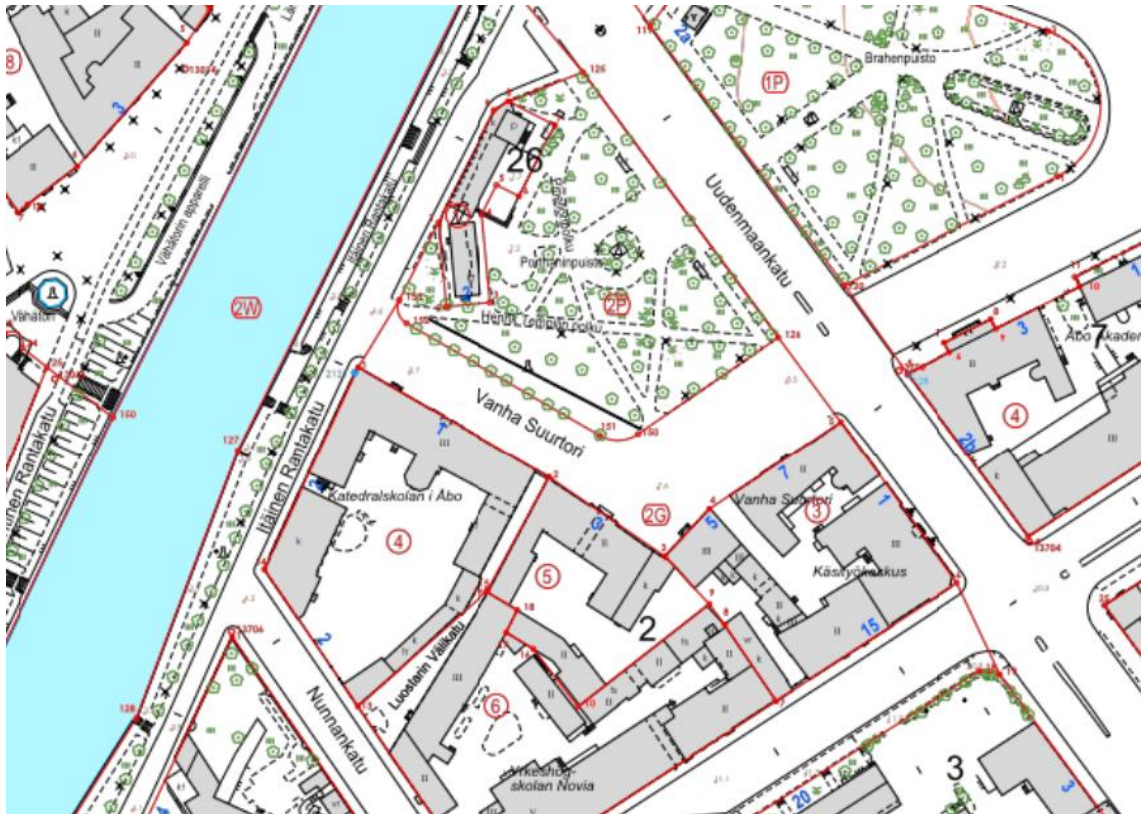
Kristiinankatu	Näytteet otettu 31.8.2017	Tukholman läänin raja-arvo	
		kohtalainen	korkea
Kokonaisfosfori (µg/l)	170	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	1100	2 000 µg/l	3000 µg/l
Lyijy (µg/l)	3,0	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	38	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	230	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,09	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	4,0	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	3,1	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	0,02	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljyn hiilivetyindeksi (mg/l)	x	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	x	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	26	40 mg/l	75 mg/l

Kristiinankadulla ainoastaan sinkkipitoisuus ylittää korkean pitoisuuden rajan. Kohtalaisen korkea pitoisuus on kokonaisfosforin ja kuparin arvot.

#### 6.2.4 Vanha Suurtori

Vanha Suurtori sijaitsee Aurajoen vieressä. Alueella on puistoalue ja torilla runsaasti ta-  
pahtumia. Uudenmaankatu menee Vanhan Suurtorin vierestä.





Kuva 8. Vanha Suurtori Turku. (Turun karttapalvelu)

Taulukko 10. Vanha Suurtori näytetulokset.

Vanha Suurtori	Näytteet otettu 31.8.2017	Tukholman läänin raja- arvo	
		kohtalainen	korkea
Kokonaisfosfori (µg/l)	140	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	800	2 000 µg/l	3000 µg/l
Lyijy (µg/l)	4,5	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	27	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	130	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,09	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	7,1	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	5,4	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	0,04	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljyn hiilivetyindeksi (mg/l)	x	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	0,039	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	61	40 mg/l	75 mg/l

Sinkkiarvot ylittivät korkean pitoisuuden. Tämän lisäksi kohtalainen pitoisuus oli kuparissa, elohopeassa, kiintoaineessa sekä bentso(a)pyreenissä.

### 6.2.5 Satama

Pinta-alalta Sataman alue on noin 3,9 km<sup>2</sup> ja alue on alavaa sekä tulvaherkkää. Alueen maaperä on pitkälti täyttömaata ja tiheään rakennetulla alueella maaperätietoa ei ole saatavilla geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartasta. Alue on tiiviisti rakennettu, joka tarkoittaa alueella sijaitsevaa satamaa ja työpaikka-alueita, alueen keskellä sijaitsevaa rautatietä ja ratapihaa sekä alueen reunaosilla tiiviisti rakennettua keskustaa ja asuinalueita. Hulevesien hallinta alueella: Vesien pois johtaminen on toteutettu hulevesiviemäreiden kautta Itämereen. Samoihin hulevesiviemäriin yhdistyy myös Kakolan jätevedenpuhdistamon puhdistetut jätevedet. (ILKKA-hanke 2014, 50.)

Sataman alueen näytteenottopaikat:



Kuva 9. Sataman valuma-alueen näytteenottopaikat. (Kuva: Jan-Hendrik Körber)

Taulukko 11. Satama näytetulokset.

Satama	8.12.2016	26.1.2017	31.8.2017	Tukholman läänin raja-arvo	
				kohtalainen	korkea
Kokonaisfosfori (µg/l)	190	150	270	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	12 000	16000	9700	2 000 µg/l	3 000 µg/l
Lyijy (µg/l)	2	1,3	1,5	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	13	9,9	6,2	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	110	85	43	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,08	0,05	0,04	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	11	4	1,5	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	12	13	9,1	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	x	0,15	0,01	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljyn hiilivetyindeksi (µg/l)	0,55	0,44	x	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	0,013	x	x	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	67	40	12	40 mg/l	75 mg/l

Huomionarvoista sataman tuloksissa on kokonaistypen pitoisuudet, jotka ylittivät korkean pitoisuuden jokaisella näytekeralla moninkertaisesti. Myös elohopean pitoisuus ylitti Tukholman läänin korkean raja-arvon. Kokonaisfosforin pitoisuus oli ensimmäisellä kerralla kohtalainen, toisella kerralla hyvä ja kolmannella kerralla korkea. Muita kohtalaisia pitoisuuksia löytyi sinkin, kromin, öljyn hiilivetyindeksin sekä kiintoaineen arvoista.

#### 6.2.6 Ratapihankatu

Ratapihankadun näytteenottopiste sijaitsee hulevesien pääviemärintiputkella sataman valuma-alueella. Hulevedet Ratapihankadulta johdetaan Pansion tien hulevesiviemäriin. Ratapihankadun verkostossa on havaittu tulvaongelmaa, kun verkoston kapasiteetti ei ole tarpeeksi suuri noin viiden vuoden välein toistuvilla rankkasateilla. (ILKKA-hanke 2014, 51.)

Taulukko 12. Ratapihankatu näytetulokset.

Ratapihankatu	8.12.2016	26.1.2017	31.8.2017	Tukholman läänin raja-	
				arvo	
				kohtalainen	korkea
Kokonaisfosfori (µg/l)	380	370	110	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	2400	4300	980	2 000 µg/l	3 000 µg/l
Lyijy (µg/l)	17	14	4,1	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	52	100	18	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	910	760	270	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,41	0,45	0,10	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	40	92	8,5	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	17	23	4,2	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	x	4,2	0,03	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljyn hiilivetyindeksi (µg/l)	0,17	4,1	x	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	0,12	0,14	x	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	290	550	39	40 mg/l	75 mg/l

Kahdella ensimmäisellä näytekeralla oli paljon korkeita pitoisuuksia Ratapihankadulla. Kokonaisfosforin, kuparin, sinkin, kromin, bentso(a)pyreenin ja kiintoaineen pitoisuudet olivat korkeita kahdessa ensimmäisessä näytteessä ja kadmiumin sekä nikkelin pitoisuudet kohtalaisen korkealla. Kolmannella näytekeralla enää sinkin arvo oli korkea, ja kuparin sekä elohopean pitoisuus kohtalaisen korkea.

## **7 KIRSTINPUISTON FOSFORI- JA TYPPIKUORMA SEKÄ PUHDISTUSMAHDOLLISUUDET**

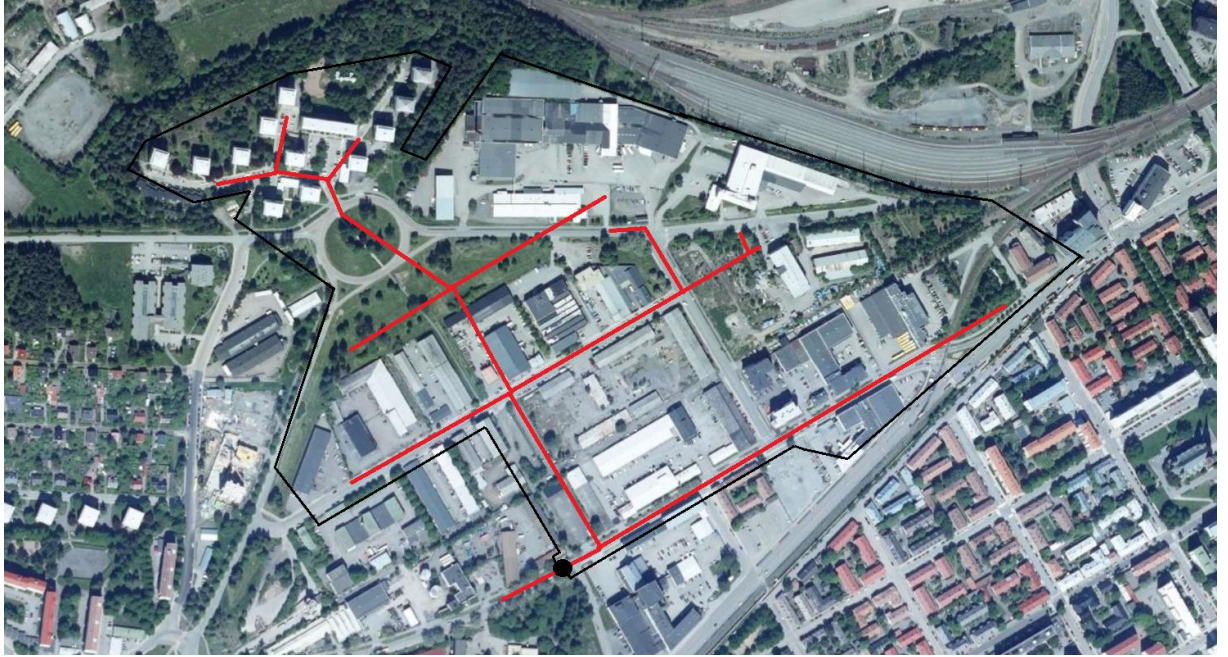
Opinnäytteen case-kohteeksi valittiin Kirstinpuiston valuma-alue. Työn tarkoituksena on kartoittaa valuma-alueen vesimäärä sekä arvioida kokonaisfosforin ja -typen kokonaismäärät vuositasolla. Myös kohteelle sopivia puhdistusmahdollisuuksia esitellään.

### **7.1 Kirstinpuiston yleiskuvaus, hulevesiverkosto ja valuma-alue**

Tulevaisuudessa Turun keskusta-alue laajenee Iso-Heikkilän suuntaan ja kantaa nimeä Kirstinpuiston kaava-alue. Kaava-alueen keskikorkeus merenpinnasta on 3-4 m. Luonteeltaan alue on tasainen ja matala. Rakennuskanta on iältään ja kunnoltaan suuresti vaihtelevia pienteollisuus- ja varastorakennuksia. Yhdyskuntarakenne perustuu ruutu-kaavaan. Ympäristö on vahvasti ihmisen rakentamaa ympäristöä, eikä merkittäviä viher-alueita tai luontokappaleita ole. Katualueet ovat kaupunkimaisia ja väljiä. Suurin osa alueesta on keinotekoisesti täytettyä entistä meren pohjaa. Alueen hulevesiverkosto on liian pieni kapasiteetiltään ja osittain huonokuntoinen. (Ympäristötoimiala 2017. 4.)

Kuvassa mustalla viivalla on rajattu valuma-alue ja punainen viiva kertoo hulevesiviemärin maanalaisen putkiston. Musta täplä on näytteenottopaikka ja sen jälkeen valuma-alueen ulkopuolella vesi liittyy päähulevesiputkeen. Valuma-alueen pinta-ala maanmittauslaitoksen kartalta mitattuna noin 36 ha.





Kuva 10. Kirstinpuiston valuma-alue, hulevesiverkosto ja näytteenottopaikka. (Maanmittauslaitos)

## 7.2 Huleveden kokonaismäärä ja suurin virtaama

Varsinais-Suomessa valuntaan päätyy vettä noin 200 mm/vuosi, joten huleveden kokonaismäärä vuodessa valuma-alueella:  $360\,000\text{ m}^2 \times 0,2\text{ m/vuosi} = 72\,000\text{ m}^3/\text{vuosi}$

Valuma-alueen suurin virtaama viemärissä:

Käytetään sateen intensiteetin valintaan Etelä-Suomessa tehtyjä säätutkamittauksia. Tapahtuman kestoksi valitaan tyypillisesti käytetty 10 minuuttia ja toistuvuudeksi kerran kolmessa vuodessa tapahtuva sade. Hulevesiviemärijärjestelmät perinteisesti mitoitetaan kerran 2-3 vuodessa toistuville sateille. (Kuntaliitto 2012. 103.)

Taulukko 13. Etelä-Suomessa tehtyjen säätukamittasten keskimääräiset intensiteetit. (Kuntaliitto 2012, 104.)

<b>Keskimääräinen intensiteetti (l/s*ha)</b>									
<b>Toistuvuus</b>	<b>Sateen kesto</b>								
	<b>5 min</b>	<b>10 min</b>	<b>15 min</b>	<b>30 min</b>	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
1/1 a	117	80	78	50	33	18	11	6,9	4,2
1/2 a	167	120	100	61	42	21	13	8,3	5
1/3 a	183	130	111	72	47	23	14	8,8	5,2
1/5 a	217	150	122	83	53	25	16	9,7	5,8
1/10 a	233	180	156	100	64	30	19	10,9	6,9

Pinnanlaaduksi valitaan 2.4 luvussa esitetystä valumakerrointaulukosta parhaiten aluetta kuvaava 0,80, koska alueella on paljon kattopinta-alaa mutta myös huokoisempaa maa-aluetta.

$$Q = \varphi * A * q = 0,8 \times 36 \text{ ha} \times 130 \text{ l/(s*ha)} = 3\,744 \text{ l/s} = 3,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kirstinpuiston hidastumiskerroin } 1 \div (\sqrt[4]{36}) = 0,408$$

$$\text{Suurin virtaama hidastumiskerroin huomioon ottaen} = 3,7 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,408 = 1,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.3 Näytetulokset

Kirstinpuistossa on otettu näytteitä kolme eri kertaa ja tulokset ovat taulukossa 14.

Taulukko 14. Kirstinpuiston näytetulokset.

Kirstinpuisto	8.12.2016	26.1.2017	31.8.2017	Tukholman läänin raja-arvo	
				kohtalainen	korkea
Kokonaisfosfori (µg/l)	210	170	83	160 µg/l	250 µg/l
Kokonaistyyppi (µg/l)	1800	1900	980	2 000 µg/l	3 000 µg/l
Lyijy (µg/l)	8,3	6,8	3,3	8 µg/l	15 µg/l
Kupari (µg/l)	32	38	9,2	18 µg/l	40 µg/l
Sinkki (µg/l)	350	280	85	75 µg/l	125 µg/l
Kadmium (µg/l)	0,3	0,24	0,17	0,4 µg/l	0,5 µg/l
Kromi (µg/l)	19	26	2,8	10 µg/l	25 µg/l
Nikkeli (µg/l)	8	11	2,9	15 µg/l	30 µg/l
Elohopea (µg/l)	x	1,2	0,02	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Öljyn hiilivetyindeksi (µg/l)	0,3	0,15	x	0,4 mg/l	0,7 mg/l
Bentso(a)pyreeni (µg/l)	0,028	0,064	x	0,03 µg/l	0,07 µg/l
Kiintoaine (mg/l)	170	190	16	40 mg/l	75 mg/l

#### 7.4 Näytetulosten analysointi

Kirstinpuistossa sinkki- ja kiintoainepitoisuudet ovat kahdella ensimmäisellä näytekeralla selkeästi yli korkean pitoisuuden. Toisella näytekeralla myös kromi ja elohopea ylittävät korkean pitoisuuden. Kohtalaisen korkeita pitoisuuksia on kuparista ja kokonaisfosforista kahdella ensimmäisellä näytekeralla. Kolmannella näytekeralla ei ollut yhtään korkeaa pitoisuutta ja kohtalaisen korkea pitoisuus vain sinkistä.

Kokonaistypen arvot alittavat jokaisella näytekeralla kohtalaisen pitoisuuden. Tosin kahdella ensimmäisellä näytekeralla vain täpäräsi. Kohtalaisen pitoisuuden raja-arvo on 2 000 µg/l ja ensimmäisellä näytekeralla tulos oli 1 800 µg/l ja toisella 1 900 µg/l. Kolmannen näytekeran tulos oli 980 µg/l.

Kokonaistypen pitoisuuksien keskiarvo:  $((1800 \text{ µg/l}) + (1900 \text{ µg/l}) + (980 \text{ µg/l})) \div 3 =$

1 560 µg/l

Kokonaistypen määrä valuma-alueella vuodessa  $72\,000 \text{ m}^3 \times 1,56 \text{ g/m}^3 = 112\,320 \text{ g}$

Valuma-alueen kokonaistypen määrä on kolmen näytteen keskiarvona laskettuna noin 112,32 kg/vuosi.



Ensimmäisellä ja toisella näytekerralla kokonaisfosforin pitoisuudet ylittivät kohtalaisen raja-arvon 160 µg/l. Ensimmäisellä kerralla tulos oli 210 µg/l ja toisella kerralla 170 µg/l. Kolmannen näytteen pitoisuus 83 µg/l jäi alle kohtaisen raja-arvon.

Kokonaisfosforin näytteiden keskiarvo  $((160 \text{ µg/l}) + (210 \text{ µg/l}) + (83 \text{ µg/l})) \div 3 = 151 \text{ µg/l}$

Kokonaisfosforin määrä valuma-alueella vuodessa  $72\,000 \text{ m}^3 \times 0,151 \text{ g/m}^3 = 10\,872 \text{ g}$

Valuma-alueen kokonaisfosforin määrä on kolmen näytteen keskiarvona laskettuna noin 10,87 kg/vuosi

## 7.5 Puhdistusmahdollisuudet Kirstinpuistoon

Hulevesien hallintamenetelmiin lukeutuu puhdistus-, vähentämis-, johtamis- ja viivytysratkaisut. Hallintamenetelmien valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten maaperä, hallinnan pääasiallinen tarkoitus, pinnanmuodot ja esteettisyys. Hallintamenetelmät tulisi valita niin, että ne muodostavat yhdessä hyvän kokonaisuuden. Lähes kaikilla hallintatavoilla on myös puhdistava vaikutus hulevesiin. (Kuntaliitto 2012, 201.)

Taulukossa on usean eri tutkimuksen perusteella arvioitu eri puhdistusmahdollisuuksien tehokkuus kokonaisfosforin ja -typen osalta. (New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual 2004, 4-8.)

Taulukko 15. Arvioituja puhdistustehoja kokonaisfosforin ja -typen poistoon. (New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual 2004, 8.)

	Kokonaisfosforin puhdistustehokkuus (%)	Kokonaistypen puhdistustehokkuus (%)
Biopidätysallas	60	30
Kosteikko	50	30
Tasausallas	20	20
Imeytysallas	60	50
Läpäisevä päällyste	60	50
Hiekkasuodatus	50	35
Vegetatiivinen suodatus	30	30
Lammikko	50	30

Paras puhdistusteho kokonaisfosforin ja -typen osalta on biopidätysaltaalla, läpäisevillä päällysteillä, kosteikolla, imeytysaltaalla, hiekkasuodattimella ja lammikolla.

Valuma-alue on keskusta-alueella, joten tila rajoittava tekijä. Kosteikkoa on vaikea saada sopimaan kaupungin keskustaan, kaikki muut puhdistustavat onnistuvat hyvällä suunnittelulla. Läpäisevät päällysteet, viherkatot ovat puhdistustapoja joissa tilantarve ei yleensä ole rajoittava tekijä.

Taulukko 16. Hallintamenetelmien rakentamista rajoittavia tekijöitä: 3) Ei yleensä rajoittava tekijä 2) Rajoitukset voidaan välttää huolellisella suunnittelulla 1) Huomattava rajoittava tekijä E) Ei relevantti (Kuntaliitto 2012, 203.)

Hulevesien hallintamenetelmien toteutusta rajoittavia tekijöitä								
	Valuma-alueen koko	Maaperä	Alueen topografia	Etäisyys pohjaveden pinnasta	Etäisyys läpäisemättömästä maakerroksesta	Etäisyys kuivatettavista rakenteista	Tilantarve	Suuri kiintoaineen ja roskien määrä
<b>Hulevesien vähentäminen</b>								
Läpäisevät päällysteet	2	1	2	1	1	2	3	1
Viherkatot	2	E	2	E	E	2	3	E
Imeytyskaivannot	1	1	2	1	1	2	2	2
Imeytyspainanteet	2	1	2	1	1	2	2	2
<b>Hulevesien johtaminen</b>								
Kourut	1	3	2	3	3	3	3	3
Viherpainanteet	2	3	2	2	2	2	2	3
Rakennetut kanavat ja purot	2	3	2	2	2	2	2	3
<b>Hulevesien viivyttäminen</b>								
Kosteikot	2	2	2	2	2	2	1	3
Lammikot	3	2	2	2	2	2	2	3
Viivytysohjeet	2	2	2	2	2	2	2	3
Viivytysohjeet ja -säiliöt	2	2	2	2	2	2	3	2

Läpäisevät päällysteet eivät vaadi tilaa ja niillä on hyvä puhdistuskyky, mutta ne eivät sovellu hyvin keskusta-alueelle jossa yleensä on jo paljon kovia pintoja. Viivytykskaivannot ja -säiliö sopivat parhaiten keskusta-alueelle, mutta niiden puhdistuskyky fosforin ja typen osalta on huono. Ydinkeskusta-alue on lähtökohtaisesti hankala paikka hulevesien hallintamenetelmien rakentamiselle.

Taulukko 17. Hallintamenetelmän soveltuvuus erilaisille maankäyttötyypeille: 3) Sopii hyvin 2) Soveltuu osittain tai tietyin ehdoin 1) Soveltuu harvoin tai ei lainkaan E) Ei relevantti (Kuntaliitto 2012, 202.)

<b>Menetelmien soveltuvuus eri maankäyttötyypeille</b>							
	<b>Pien- ja rivitaloalueet</b>	<b>Kerrostaloalueet</b>	<b>Liikennealueet<sup>A</sup></b>	<b>Tiheästi rakennetut alueet</b>	<b>Ydinkeskusta</b>	<b>Hotspot-alueet<sup>C</sup></b>	
<b>Hulevesien vähentäminen</b>							
Läpäisevät päällysteet	3	3	2	2	1	1	
Viherkatot	3	2	E	2	2	2	
Imeytyskaivannot	3	3	2	3	2	1	
Imeytyspainanteet	3	2	2	2	1	1	
<b>Hulevesien johtaminen</b>							
Kourut	2	3	1	2	1	2	
Viherpainanteet	3	3	3	1	1	2 <sup>B</sup>	
Rakennetut kanavat ja purot	3	3	2	2	2	1	
<b>Hulevesien viivyttäminen</b>							
Kosteikot	3	2	3	2	1	2 <sup>B</sup>	
Lammikot	3	2	3	2	1	2 <sup>B</sup>	
Viivytykspainanteet	3	3	1	2	2	2 <sup>B</sup>	
Viivytykskaivannot ja -säiliöt	1	2	1	3	3	2	

## 7.6 Kustannustarkastelu

Hulevesien hallintamenetelmien kustannukset riippuvat monesta tekijästä, kuten valitusta hallintatavasta, mitoituksista, maaperästä sekä millaista esteettisyyttä halutaan. Hallintamenetelmille voidaan kuitenkin arvioida suuntaa antavia hintoja.

Läpäisevät päällysteet asennettuna ovat suunnilleen 30-50 e/m<sup>2</sup>. Hintaan vaikuttaa pintamaa sekä rakennekerrokset.

Imeytyspainanne rakennetulla varastointi/imeytyskerroksella 190 e/m<sup>3</sup> hulevettä, sekä ilman varastointi/imeytyskerrosta 90 e/m<sup>3</sup> hulevettä. Hinta arvioitu 10 m<sup>3</sup> mitoitusilavuudelle.

Hulevesilammikon hinta on 40 e/m<sup>2</sup> ja hulevesikosteikon 20 e/m<sup>2</sup>. Rakennusvaiheessa joudutaan kaivamaan ja tekemään istutuksia. (Kuntaliitto 2012, 189-190.)

## 7.7 Päätelmiä Kirstinpuistosta

Kolmen näytekerän perusteella kokonaisfosforin ja -typen keskiarvot jäävät Tukholman läänin raja-arvoissa alle kohtalaisen pitoisuuden, joten välttämättä mitään puhdistusmenetelmää ei ole fiksua rakentaa. Puhdistusmenetelmien rakentaminen on aina iso investointi. Hallintamenetelmiä valitessa voisi olla hyvä painottaa myös viivytyksratkaisuja puhdistamisen ohessa, koska nykyinen hulevesiverkosto on liian pieni kapasiteetiltaan.

Puhdistustapojen valintaa vaikeuttaa keskustassa oleva runsas liikenne ja tiivis rakentaminen. Kompromisseja on tehtävä tilan ja puhdistustehokkuuden välillä. Viivytykskaivannot ja -säiliöt voisivat olla Kirstinpuistoon paras vaihtoehto esisijaisesti viivyttämään hulevesiä, mutta myös osittain puhdistamaan niitä. Viivytykskaivannot ja -säiliöt rakennetaan maan alle, joten maanpäällistä tilaa ei tarvita. Hulevesioppaan mukaan kokonaisfosforin ja -typen osalta puhdistuskyky olisi alhainen, viivytykskaivannot ja -säiliöt pystyvät puhdistamaan 0-30 % kokonaisfosforista ja -tipestä. Kiintoaineen osalta päästään 30-65 %

puhdistustehoon. Suurin osa hulevesien haitta-aineista on sitoutunut kiintoaineeseen, joten kiintoaineen vähentäminen parantaa aina huleveden laatua.

Läpäisevien päällysteiden ja viherkattojen lisääminen mahdollisuuksien mukaan auttaisi puhdistamaan haitta-aineita sekä vähentämään huleveden kokonaismäärää.

## 8 YHTEENVETO

Hulevesien haitta-aineiden ja puhdistusmahdollisuuksien tutkimista on syytä jatkaa. Monissa näytepaikoissa oli haitta-ainepitoisuuksia, jotka ylittivät Tukholman läänin korkean raja-arvon. Opinnäytetyöhön kerätyt näytetulokset antavat viitteitä, millaisia haitta-aineita löytyy Turun eri alueilta. Näytetuloksia on kuitenkin suhteellisen vähän, joten täyden varmuuden saamiseksi näytteitä pitäisi monesta paikkaa ottaa lisää. Keskusta-alueiden hulevesien puhdistus olisi hyvä tutkinnan kohde, koska keskustoissa harvoin hulevesiä puhdistetaan, vaikka niissä monia haitta-aineita on.

Kirstinpuistossa kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet eivät olleet näytteiden keskiarvon mukaan edes kohtalaisella tasolla, joten huleveden puhdistuksen ohella voitiin käsittelytavan valinnassa keskittyä myös viivyttämiseen sekä huleveden vähentämiseen. Näytetuloksissa korkeita pitoisuuksia oli muissa haitta-aineissa, kuten sinkissä ja kiinto-aineessa. Kirstinpuistossa oli selvästi pienimmät haitta-ainepitoisuudet elokuun lopussa, joten vuodenaikaista vaihteluakin on syytä tutkia.

## LÄHTEET

Airi Karvonen, Tuire Taina, Juhani Gustafsson, Jaakko Mannio, Jukka Mehtonen, Taina Nystén, Marja Ruoppa, Pirjo Sainio, Katri Siimes, Kimmo Silvo, Sirkku Tuominen, Matti Verta, Kari-Matti Vuori ja Lauri Äystö. 2012. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen sää-dösten soveltaminen. Ympäristöministeriön raportteja 15.

C. Forsberg & S.-O. Ryding. 1980. Vedenlaatuoluokituksen raja-arvot ja lähteet. Viitattu 21.7.2017 <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEBCF5FA%7D/91995>

Eemeli Huhta & Piia Leskinen. 2016. Turun kaupunkialueen hulevesitutkimus.

Elintarvikeviraston julkaisuja. 2004. Kotimaisen järvi- ja merikalan raskasmetallipitoisuudet.

Evira. 2003. Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat

Finlex. 2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Viitattu <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022#a7.10.2010-868>

Finlex. 2015. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta. Viitattu 4.7.2017 <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151308>

ILKKA-hanke. 2014. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito.

Ilmastonkestävä kaupunki. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito.

Ilmatieteenlaitos. Vuoden keskilämpötila ja vuosisade 1981-2010. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-tilastot>

Karttunen. 2004. Vesihuolto 2.

New Jersey Stormwater Best Management Practices Manual. 2004. Chapter 4. Stormwater Pollutant Removal Criteria.

Pertti Vakkilainen, Jyrki Kotola & Jyrki Nurminen. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta.

Petri Juntunen. 2007. Vesitalous.

Pinja Kasvio, Teemu Ulvi, Jari Koskiahio & Jukka Jormola. 2016. Kosteikkojen ja biosuodatusaluiden toimivuus hulevesien käsittelyssä. Loppuraportti.

Riktvärdesgruppen. 2009. Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp.

Salaojayhdistys. 2013. Hydrologian perusteet ja maan vesitalous. Viitattu 14.7.2017 [http://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/hydrologian\\_perusteet\\_ja\\_maan\\_vesitalous\\_2013-2.pdf](http://www.salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/hydrologian_perusteet_ja_maan_vesitalous_2013-2.pdf)

Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas.

T. Laakso, T. Lampola & A. Yrjölä. Viitattu 20.9.2017 [http://kuntateknikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/SKTY2015\\_Vuotovesien-hallinnan-keinot\\_-Lampola.pdf](http://kuntateknikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/SKTY2015_Vuotovesien-hallinnan-keinot_-Lampola.pdf)

Tampereen teknillinen korkeakoulu. Vesi- ja ympäristönsuojelutekniikan perusteet. Moniste.

Tilastotietoja Turusta. 2015. Viitattu 28.9.2017 [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/tilastotietoja\\_turusta\\_2015.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/tilastotietoja_turusta_2015.pdf)

Tuomo Heinonen, Marko Jylhänlehto, Jouni Kilpinen, Paula Nurmi & Risto Nyberg. 2008. Helsingin kaupungin hulevesistrategia.

Ulvi, T., 2016. Hulevesiä koskeva lainsäädäntö. Viitattu 15.6.2017. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B12D4C74F-BF3B-4608-B03E-44FECE09EE28%7D/116211>

Vesientila. Vesitermistöä. Viitattu 8.1.2018 <https://www.vesientila.fi/easydata/customers/vesientila/files/pdf/vesistotermistoa.pdf>

Ympäristöopas. 2008. Kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma - hyviä suunnittelukäytäntöjä.

Ympäristötoimiala. 2017. Asemakaavamuutosluonnos. Turku kaupunkisuunnittelun kaavoitusyksikkö.

## Liite 1 8.12.2016 otettujen näytteiden tulokset

Aine	Yksikkö	Kirstinpuisto 19036	Satama 19037	Ratapihankatu 19038
pH (25C)		7,5	6,7	7,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	14	68	29
Sameus	FNU	250	94	500
Kiintoaine (nuclepore 0,4µm)	mg/l	170	67	290
Alkaliteetti	mmol/l	0,56	1,8	1,1
Kokonaisfosfori	µg/l	210	190	380
Liennut PO4 (Nuclepore)	µg/l	49	28	64
Kokonaistyyppi	µg/l	1800	12000	2400
Ammoniumtyppi	µg/l	270	1600	630
Nitraattityppi	µg/l	1100	8200	1000
Nitriittityppi	µg/l	32	33	77
Kadmium, kok Cd	µg/l	0,3	0,08	0,41
Kromi, kok Cr	µg/l	19	11	40
Kupari, kok Cu	µg/l	32	13	52
Nikkeli, kok Ni	µg/l	8	12	17
Lyijy, kok Pb	µg/l	8,3	2	17
Sinkki, Zn	µg/l	350	110	910
Öljy hiilivetyindeksi		0,3	0,55	0,17
PAH-yhdisteet	Yksikkö	Kirstinpuisto 19036	Satama 19037	Ratapihankatu 19038
Öljyn hiilivetyindeksi C10-C21 fraktio	µg/l	<50	71	<50
Öljyn hiilivetyindeksi C21-C40 fraktio	µg/l	260	470	150
Öljyn hiilivetyindeksi	µg/l	300	550	170
Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	ng/l	Todettu	Todettu	Todettu
Naftaleeni (PAH)	ng/l	Tiedot puuttuvat	22	110
Asenafteeni (PAH)	ng/l	Tiedot puuttuvat	Tiedot puuttuvat	51
Asenaftyleeni (PAH)	ng/l	6	9	47
Fluoreeni (PAH)	ng/l	22	14	73
Antraseeni (PAH)	ng/l	12	Tiedot puuttuvat	54
Fenantreeni (PAH)	ng/l	140	55	420
Fluoranteeni (PAH)	ng/l	180	65	570
Pyreeni (PAH)	ng/l	360	120	930
Bentso(a)antraseeni (PAH)	ng/l	46	16	140
Kryseeni (PAH)	ng/l	96	46	220
Bentso(b)fluoranteeni (PAH)	ng/l	100	40	270
Bentso(k)fluoranteeni (PAH)	ng/l	23	11	72
Bentso (a)pyreeni (PAH)	ng/l	28	13	120
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni (PAH)	ng/l	29	17	110
Dibentso(a,h)antraseeni (PAH)	ng/l	9,4	5,6	50
Bentso(g,h,i)peryleeni (PAH)	ng/l	67	30	220



## Liite 2 26.1.2017 otettujen näytteiden tulokset

Aine	Yksikkö	Kirstinpuisto	Satama	Ratapihankatu
Elohopea kok ICP-MS	µg/l	1,2	0,15	4,2
pH (25C)		7,4	6,7	7,6
Sähkönjohtavuus	mS/m	66	90	89
Sameus	FNU	380	54	1300
Kiintoaine (nuclepore 0,4µm)	mg/l	190	40	550
Alkaliteetti	mmol/l	0,71	2,4	1,4
Kokonaisfosfori	µg/l	170	150	370
Liuennot PO4 (Nuclepore)	µg/l	69	67	150
Kokonaistyyppi	µg/l	1900	16000	4300
Ammoniumtyppi	µg/l	690	5200	1300
Nitraattityppi	µg/l	750	7600	780
Nitriittityppi	µg/l	57	170	110
Kadmium, kok Cd	µg/l	0,24	0,05	0,45
Kromi, kok Cr	µg/l	26	4	92
Kupari, kok Cu	µg/l	38	9,9	100
Nikkeli, kok Ni	µg/l	11	13	23
Lyijy, kok Pb	µg/l	6,8	1,3	14
Sinkki, Zn	µg/l	280	85	760
Öljy hiilivetyindeksi		0,15	0,44	4,1
PAH-yhdisteet	Yksikkö	Kirstinpuisto	Satama	Ratapihankatu
Öljyn hiilivetyindeksi C10-C21 fraktio	µg/l	<50	110	420
Öljyn hiilivetyindeksi C21-C40 fraktio	µg/l	120	330	3600
Öljyn hiilivetyindeksi	µg/l	150	440	4100
Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	ng/l	Todettu	Todettu	Todettu
Naftaleeni (PAH)	ng/l	540	14	59
Asenaftaleeni (PAH)	ng/l	x	x	21
Asenaftyleeni (PAH)	ng/l	20	x	40
Fluoreeni (PAH)	ng/l	30	6,9	66
Antraseeni (PAH)	ng/l	x	x	41
Fenantreeni (PAH)	ng/l	270	34	710
Fluoranteeni (PAH)	ng/l	310	36	670
Pyreeni (PAH)	ng/l	510	67	1100
Bentso(a)antraseeni (PAH)	ng/l	62	8,4	110
Kryseeni (PAH)	ng/l	68	10	150
Bentso(b)fluoranteeni (PAH)	ng/l	110	14	200
Bentso(k)fluoranteeni (PAH)	ng/l	29	<5	72
Bentso (a)pyreeni (PAH)	ng/l	64	x	140
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni (PAH)	ng/l	45	x	92
Dibentso(a,h)antraseeni (PAH)	ng/l	11	x	33
Bentso(g,h,i)peryleeni (PAH)	ng/l	140	8,7	360

## Liite 3 31.8.2017 otettujen näytteiden tulokset

Varsinais-Suomen ELY-keskus  
 Ympäristö ja luonnonvarat  
 Janne Suomela  
 PL 523  
 20101 TURKU


Tilausno 205604 (VARELY/Hule), saapunut 31.8.2017, näytteet otettu 31.8.2017 (9:55--&gt;)

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
14044	Vanha Suurtori
14045	Kristiinankatu
14046	Kuninkoja

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittäminen	Yksikkö	14044	14045	14046
Väri	mg/l Pt	10	9	20
Elohopea, kok ICP-MS	μg/l	0,04	0,02	0,04
Sähkönjohtavuus *	mS/m	3,7	5,0	14
pH (25 °C) *		7,4	7,4	7,5
Sameus *	FNU	44	25	110
Kintoaine (Nuclepore 0,4 μm) *	mg/l	61	26	210
Kokonaisfosfori *	μg/l	140	170	350
Fosfaattifosfori *	μg/l	22	69	26
Kokonaistypppi *	μg/l	800	1100	970
Ammoniumtypppi *	μg/l	<3	210	110
Nitraatti- + nitriittityppi *	μg/l	380	470	610
Kadmium, kok, Cd *	μg/l	0,09	0,09	0,21
Kromi, kok, Cr *	μg/l	7,1	4,0	17
Kupari, kok, Cu *	μg/l	27	38	16
Nikkeli, kok, Ni *	μg/l	5,4	3,1	12
Lyijy, kok, Pb *	μg/l	4,5	3,0	5,7
Sinkki, kok, Zn *	μg/l	130	230	72
PAH-yhdisteet	ks. laus.	ks. laus.	ks. laus.	ks. laus.
PFAS-yhdisteet	Tod.	Tod.	Tod.	Tod.

 Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, = = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin,  
 > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
 \* -merkityt analyysit ovat akkreditoituja.

**LAUSUNTO**

 PAH-yhdisteet testettiin alihankintana Kokemäenjoen vesistön  
 vesiensuojeluyhdistyksen Tampereen laboratoriossa.  
 PFAS-yhdisteet testettiin alihankintana Eurofins Environment Testing  
 Finland Oy:n Lahden toimipisteessä.  
 Alkuperäiset tutkimustulokset ovat liitteenä.



 Niina Kohonen  
 kemisti

 Tutkimustulos ei pätee vain tutkittuihin näytteisiin. Asiakkaan ostettujen kopioiden on kieltäytyä.  
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittauspöytäkirjat ovat liitteinä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Katuosoite Telokatu 16 20360 TURKU	Postiosoite Telokatu 16 20360 TURKU	Puhelin +358 (0)274 0200	Sähköposti etu@lms.fi	Av. rek. Y 1564941-9 Kno 774822
--	---	-----------------------------	--------------------------	---------------------------------------

Turun Ammattikorkeakoulu  
 eemeli.huhta@turkuamk.fi  
 Lemminkäisenkatu 30  
 20520 TURKU


Tilausno 205605 (AMK/Hule2016), saapunut 31.8.2017, näytteet otettu 31.8.2017 (10:55--&gt;)

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
14047	Ratapiha
14048	Kirstinpuisto
14049	Satama

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittäminen	Yksikkö	14047	14048	14049
Elohopea, kok ICP-MS	μg/l	0,03	0,02	0,01
Sähkönjohtavuus *	mS/m	4,4	4,2	6,8
pH (25 °C) *		7,3	7,1	6,7
Sameus *	FNU	43	17	6,6
Kiintoaine (Nuclepore 0,4 μm) *	mg/l	39	16	12
Alkaliteetti *	mmol/l	0,23	0,21	2,0
Kokonaisfosfori *	μg/l	110	83	270
Liennut PO <sub>4</sub> , Nuclepore *	μg/l	30	31	87
Kokonaistyppi *	μg/l	990	990	9700
Ammoniumtyppi *	μg/l	260	320	1200
Nitraattityppi *	μg/l	510	480	7400
Nitriittityppi *	μg/l	17	15	70
Kadmium, kok, Cd *	μg/l	0,10	0,17	0,04
Kromi, kok, Cr *	μg/l	8,5	2,8	1,5
Kupari, kok, Cu *	μg/l	18	9,2	6,2
Nikkeli, kok, Ni *	μg/l	4,2	2,9	9,1
Lyijy, kok, Pb *	μg/l	4,1	3,3	1,5
Sinkki, kok, Zn *	μg/l	270	85	43
PFC-yhdisteet	ks. laus.			
PAH-yhdisteet	ks. laus.			ei tod.

 Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, = = noin, < = pienempi kuin, > = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
 \* = merkityt analyysit ovat akkreditoituja.

**LAUSUNTO**

 PAH-yhdisteet testettiin alihankintana Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen Tampereen laboratoriossa.  
 PFAS-yhdisteet testettiin alihankintana Eurofins Environment Testing Finland Oy:n Lahden toimipisteessä.  
 Alkuperäiset tutkimustulokset ovat liitteenä.

  
 Niina Kohonen  
 kemisti

 Tutkimustulos pätee vain tarkoituihin näytteisiin. Asiakkaan osittainen kopioiminen on kielletty.  
 Analyysimenetelmien viitteet ja mittauspöytäkirjat ovat liitteenä. Akkreditointi ei koske näytteenottoa eikä lausuntoa.

Katuosoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Alv.rek.
20360 TURKU	20360 TURKU	* (02) 274 0200	etunimi.sukunimi@lsvy.fi	Y 1564941-0 K-mu 774822